

5. Doelgericht ontwikkelen op basis van waargenomen functioneren

H.F.M. Aarts & H. van Keulen (Plant Research International)

5.1 Inleiding

In de voorafgaande hoofdstukken is ingegaan op het functioneren van bedrijfssysteem ‘De Marke’ en is geprobeerd daarvoor verklaringen te vinden. Met name is aandacht besteed aan de N-huishouding, met speciale aandacht voor het verlies van nitraat naar het grondwater. In deze bijdrage wordt ingegaan op het verschil tussen het waargenomen functioneren van de N-huishouding en de verwachtingen bij het ontwerp van het bedrijf. Vastgesteld wordt in hoeverre bedrijfsdoelen zijn gerealiseerd. Vervolgens wordt gezocht naar mogelijke verklaringen voor de verschillen tussen verwachting en werkelijkheid, ondermeer met behulp van de eerder gepresenteerde analyses. Tot slot wordt ingegaan op de mogelijkheden om op basis van verbeterd inzicht het systeem zodanig bij te stellen dat de bedrijfsresultaten voldoende verbeteren, en worden suggesties gedaan voor vervolgonderzoek.

5.2 Het functioneren van ‘De Marke’ in relatie tot haar doelen

De milieudoelen van ‘De Marke’ met betrekking tot N (Tabel 5.1), die in ieder geval moeten worden gerealiseerd, zijn veel scherper dan de eisen die de overheid heeft geformuleerd in het kader van de mestwetgeving. De MINAS-maxima van de overheid zijn compromissen tussen wensen op het gebied van milieukwaliteit en verwachte landbouwkundige problemen bij het realiseren van die maxima (Dekker & Van Leeuwen, 1998). Op uitspoelingsgevoelige zandgronden, als die van ‘De Marke’, mag, volgens de MINAS-normen, het werkelijke N-overschot (inclusief depositie en enige binding door vlinderbloemigen) van een gemiddeld bedrijf uiteindelijk 190 kg ha⁻¹ bedragen, 62 kg meer dan het overschot dat voor systeem ‘De Marke’ als maximum is vastgesteld (Aarts, 2000). Bij het ontwerp van ‘De Marke’ was de gewenste milieukwaliteit de enige maatstaf. Naast doelen voor N en P (overschot maximaal 0,45 kg ha⁻¹), zijn doelen geformuleerd ten aanzien van het gebruik van bestrijdingsmiddelen, de ophoping van zware metalen, de emissie van broeikasgassen, het verbruik van water en energie, de ontwikkeling van natuurwaarden en het welbevinden van mens en dier. Voor deze doelen zijn streefwaarden vastgesteld, geen minima of maxima die onvoorwaardelijk gerealiseerd moeten worden. Bij het realiseren van die streefwaarden worden economische gevolgen van potentiële maatregelen meegewogen. Bij het afwegen van maatregelen met betrekking tot N-doelen moet ook rekening worden gehouden met effecten op de andere doelen, maar binnen de uitdrukkelijke voorwaarde dat het N-doel daadwerkelijk wordt gerealiseerd. In Tabel 5.1 is ook aangegeven welke milieuwinst op ‘De Marke’ moet worden geboekt in vergelijking met de gangbare praktijk in de periode 1983-1986. Die periode is gekozen als referentieperiode omdat sindsdien verdere intensivering van de melkproductie per ha, met daaraan gekoppeld intensiever gebruik van aangekochte meststoffen en voer, door de melkquotering vrijwel onmogelijk is geworden en de overheid vanaf die tijd serieus werk ging maken van milieuwetgeving met betrekking tot de veehouderij. De periode 1983-1986 is daarom de periode met de zwaarste milieudruk vanuit de veehouderij. Sindsdien is de ammoniakemissie van melkveebedrijven op zandgrond afgenomen met ongeveer 35%, het N-overschot met 20% (Aarts, 2000).

Tabel 5.1. Normen 'De Marke' met betrekking tot N en de reductie ten opzichte van de prestaties van gangbare bedrijven in de periode 1983-1986 (Aarts et al., 1992; Biewinga et al., 1992).

Milieudoel	Maximale waarde 'De Marke'	Reductie
Vervluchtiging ammoniak	< 30 kg N kg ha ⁻¹ , uit dierlijke mest	70%
Uitspoeling nitraat	concentratie nitraat in het bovenste grondwater < 50 mg l ⁻¹	75%
Vervluchtiging stikstofoxiden	< 3 kg ha ⁻¹ als gevolg van bodemprocessen	66%
Overschot op bedrijfsbalans	< 128 kg ha ⁻¹ , inclusief depositie en binding door vlinderbloemigen*	74%

* Er is uitgegaan van een verlies van stikstof van 47 kg ha⁻¹ (waarvan 13 kg in urineplekken) door denitrificatie en een verlies van 14 kg N ha⁻¹ als ammoniak uit kunstmest, gewas, oogstresten en voer. Aangenomen is dat het neerslagoverschot 300 mm bedraagt; bij 50 mg nitraat l⁻¹ betekent dat een uitspoeling van 34 kg N ha⁻¹. Er is aangenomen dat de voorraad organische N in de bodem constant blijft. De overschotnorm mag worden aangepast als blijkt dat de inschatting van denitrificatie te hoog of te laag is. De overschotnorm mag tijdelijk worden aangepast als het aannemelijk is dat de bodemvoorraad organische N structureel naar een hoger of lager niveau gaat (nieuw evenwicht).

Uit Tabel 5.2 blijkt dat alleen het ammoniakdoel volledig is gerealiseerd. Het overschot op de bedrijfsbalans, het nitraatgehalte in het grondwater en de vervluchtiging van stikstofoxiden als gevolg van bodemprocessen bleken gemiddeld te hoog, met grote verschillen tussen jaren. Het is aannemelijk dat variaties in actuele weerssituaties een belangrijke rol spelen bij de verschillen in nitraatgehalten tussen jaren (Conijn, 2000). Het is ook aannemelijk dat er een relatie is tussen enerzijds het gemiddeld te hoge nitraatgehalte van het grondwater en het hoge verlies aan stikstofoxiden en anderzijds de overschrijding van de norm voor het N-overschot. Omdat de ammoniakemissie lager is dan de norm, de conserveringsverliezen lager dan vooraf verondersteld en het N-overschot van het bedrijf hoger dan voorzien, is het N-overschot op bodemniveau (128 kg) aanmerkelijk hoger dan in het ontwerp van het bedrijf was voorzien (79 kg). Het extra overschot van 49 kg moet 'ergens' gebleven zijn!

Tabel 5.2. N-normen en de prestaties van 'De Marke' in de periode 1993-1998 (naar Hilborst & Oenema, 2000; Conijn, 2000; Aarts et al., 2000d).

Doel	Maximale waarde 'De Marke'	Gerealiseerd
Vervluchtiging ammoniak	30 kg N kg ha ⁻¹ , uit dierlijke mest	20
Uitspoeling nitraat	50 mg nitraat l ⁻¹ , in het bovenste grondwater	55 (31-88)
Vervluchtiging stikstofoxiden	3 kg ha ⁻¹ als gevolg bodemprocessen	5
Overschot op bedrijfsbalans	128 kg ha ⁻¹ , inclusief depositie en binding door vlinderbloemigen	156 (117-198)

In het ontwerp was aangenomen dat 79 kg N-overschot correspondeert met iets minder dan 50 mg nitraat per liter grondwater (81 kg N-overschot, waarvan 47 kg denitrificatie leidt tot 50 mg nitraat bij een neerslagoverschot van 300 mm), zodat 128 kg grofweg tot een nitraatgehalte zou moeten leiden van $(128 - 47)/300 \times 50/11,3 = 119$ mg. Dat is aanzienlijk hoger dan gemiddeld gemeten werd (55 mg), zodat het aannemelijk is dat een groter deel dan was voorzien van het N-overschot in de onderzochte periode 'onschadelijk' is gemaakt via denitrificatie of ophoping. Bovendien zal de bovengemiddelde jaarlijkse neerslag een verdunnend effect hebben gehad (Conijn, 2000). Het verdunnende effect van

meer neerslag wordt versterkt door de geringere gewasverdamping (ruim 50 mm minder) dan oorspronkelijk aangenomen (Aarts *et al.*, 2000a). Om een beter beeld te krijgen van het verloop van de bodemprocessen, en om van daaruit plannen te kunnen maken voor de toekomst, zullen we ons moeten verdiepen in de N-balans van de bodem.

5.3 N-balans bodem

Opvallend is dat de gemiddeld gerealiseerde totale input slechts 12 kg (3%) boven de prognose ligt (Tabel 5.3). Er is wel veel meer organische mest ('stal'mest) uitgereden dan verwacht, maar die extra aanvoer werd grotendeels gecompenseerd door een lagere binding van N door klaver. De output in oogstbaar gewas is aanzienlijk lager dan de prognose (-38 kg, -14%). Het overschot is door de hogere input en lagere output 49 kg (48%) hoger dan verwacht.

Hoe is de lagere output van de bodemcomponent te verklaren? In de loop der jaren zijn voederbieten in het bouwplan vervangen door maïs. De N-opbrengst van bieten (inclusief blad) is aanmerkelijk hoger dan die van maïs, de bemesting nauwelijks hoger. Het geleidelijk vervangen van 6 ha bieten door maïs heeft daarom ongetwijfeld bijgedragen aan de lagere N-output en daardoor aan het hogere N-overschot. Een belangrijke andere oorzaak ligt bij de relatief droge zomers in het midden van de jaren negentig. De gewasopbrengsten op 'De Marke' blijken vooral te worden bepaald door de vochtbeschikbaarheid, die afhangt van de hoeveelheid neerslag in en de verdeling ervan over het groeiseizoen (Habekotté *et al.*, 1998). Uit experimenteel onderzoek op andere locaties blijkt dat in relatief natte zomers de N-opbrengst van grasland op droge zandgronden 15% hoger is dan in relatief droge zomers. Bij bemestingsniveaus als die van 'De Marke' komt dat overeen met 43 kg ha⁻¹ (Aarts *et al.*, 1999a).

Tabel 5.3. Bodembalans (kg N ha⁻¹) van 'De Marke' in de periode 1993-1998 (naar Hilhorst & Oenema, 2000).

	Prognose	Gemiddeld gerealiseerd	Spreiding
Input:			
- weidemest ¹	51	48	35-59
- 'stal'mest ¹	137	177	154-182
- kunstmest	67	70	52-96
- depositie	49	49	0
- netto voederverliezen ²	21	17	14-20
- klaver	30	6	3-12
<i>Som</i>	<i>355</i>	<i>367</i>	<i>316-454</i>
Output:			
- bruto gewas	276	238	216-275
Input – output³	79	128	86-184

¹ Na vervluchtiging van ammoniak

² Maai- en weideverliezen na vervluchtiging van ammoniak

³ Input – output = ophoping, denitrificatie en uitspoeling

In de balans is 'verandering bodemvoorraad organisch-N' niet opgenomen. Resultaten van bodemanalyses suggereren dat in de periode 1989-1997 jaarlijks gemiddeld ongeveer 40 kg N ha⁻¹ werd

vastgelegd (Aarts *et al.*, 2000b). Het N-verlies uit de bodem was daardoor in werkelijkheid geen 128 kg (overschot in Tabel 5.3) maar $128 - 40 = 88$ kg, theoretisch corresponderend met 60 mg nitraat per liter grondwater $(88 - 47)/300 \times 50/11,3$. Deze waarde is maar weinig hoger dan de waarde die gemiddeld gemeten werd. De accumulatie van organisch-N kan verklaard worden vanuit de C:N-verhouding van de organische stof. In 1989 was die bijna 20 en zakte naar 17,5 in 1997 (Van Keulen *et al.*, 2000), ongeveer de 'norm' voor dergelijke podzolgronden (Hassink, 1994). Bovendien waren de zomers relatief droog, waardoor niet alleen de gewasproductie maar ook de mineralisatie van organisch-N stagneerde. Redenerend vanuit deze waarnemingen kan verwacht worden dat de ophoping in organische stof spoedig zal stoppen, en mogelijk zelfs al gestopt is. Zeker is dat jaarlijkse voorraadveranderingen groot kunnen zijn als gevolg van verschillen in mineralisatiesnelheden onder invloed van het variaties in het weer. Corré (2000) rapporteert voor 'De Marke' gemiddelde jaarlijkse hoeveelheden gemineraliseerde N tussen de 220 (1994) en 469 kg (1997) per ha. Met name tijdens 'groeizame' zomers en zachte winters is de mineralisatiesnelheid hoog, door de gunstige combinatie van vochtgehalte en temperatuur. Uit onderzoek is gebleken dat onder gunstige weersomstandigheden gedurende het groeiseizoen, maximaal 50 kg N door de oogstbare delen van gras extra worden opgenomen (Aarts *et al.*, 1999a). Buiten het groeiseizoen lijken grasland (na vroeg stoppen met bemesting) en Italiaans raaigras voldoende in staat in een relatief warme winterperiode de extra gemineraliseerde stikstof op te vangen. Uit onderzoek op 'De Marke' is gebleken dat de in de herfst en winter op maïsland gemineraliseerde N in maart vrijwel volledig terug wordt gevonden in Italiaans raaigras (Aarts, 1994).

Gewassen zullen niet altijd in staat zijn alle minerale stikstof in 'mineralisatierijke' jaren volledig op te nemen. Bij in de praktijk gangbare bemestingspraktijken kan een flink deel van de extra gemineraliseerde N uitspoelen, denitrificeren of opnieuw door micro-organismen worden vastgelegd in organische stof. Daardoor kan dit soort *landbouwkundig goede* jaren wel eens *milieukundig verkeerd* uitpakken. De gehalten in het grondwater kunnen dan met enige tientallen mg nitraat per liter hoger worden (per 10 kg extra netto bodemoverschot stijgt het nitraatgehalte theoretisch met 5 mg, verdunning door extra grondwatervoeding buiten beschouwing gelaten).

Het weer heeft niet alleen invloed op de voorraad organisch-N in de bodem (door de invloed op de mineralisatiesnelheid), maar ook op de groei van gewassen (via temperatuur en neerslag), op denitrificatie (neemt toe onder natte omstandigheden), op de efficiëntie waarmee meststoffen worden opgenomen (opname door het gewas 'concurr  ert' met de processen die verliezen veroorzaken, en voor opname is een goede synchronisatie en synlocatie nodig: water, stikstof en wortels moeten op het goede moment op de juiste plaats zijn) en op de verdunning van uitgespoeld nitraat (meer water leidt tot lagere concentraties in het grondwater). Het 'normaliseren' van de nitraatconcentratie van het (bovenste) grondwater enkel op basis van de neerslaghoeveelheid (verdunningsfactor) negeert de effecten van neerslag op mineralisatie, denitrificatie en gewasopname. Natte groeiseizoenen of veel neerslag in het voorjaar (na bemesting) lijken op droge gronden per saldo tot hogere nitraatgehalten te leiden, droge groeiseizoenen tot lagere gehalten. Ook beregening stimuleert de mineralisatie. Op onbemest grasland kan op gronden als die van 'De Marke' per 10 mm beregening 2–5 kg N extra worden geoogst (Aarts *et al.*, 1999b). Een goede verdeling van beregeningswater in de tijd, die verliezen van water naar de ondergrond minimaliseert, is essentieel om uitspoeling van meststoffen te voorkomen.

Al met al zijn de nitraatconcentraties die op 'De Marke' gemeten zijn redelijk verklaarbaar. De hoge gemiddelde waarde (88 mg) die in 1998 is gemeten kan als een incident beschouwd worden (extreem veel neerslag in het voorjaar waardoor veel uitspoeling bij pas ingezaaid maïs- en grasland). Op gronden als die van 'De Marke' zijn sterke schommelingen niet te vermijden omdat ze een heel lage buffercapaciteit hebben, voor zowel water als stikstof, zodat deze gronden extreem gevoelig zijn voor variaties in weersomstandigheden. In 1999 was het niveau van de basispercelen (die percelen die vanaf de start deel hebben uitgemaakt van het bedrijfssysteem 'De Marke') gedaald naar 63 mg. De conclusie die getrokken moet worden is dat niet de gemeten nitraatgehalten verontrustend zijn, maar de gemeten accumulatie van organisch-N (jaarlijks per ha gemiddeld 40 kg). Accumulatie is eindig en daarom moet het N-overschot sterk worden verlaagd om een acceptabel nitraatgehalte te kunnen handhaven.

5.4 Noodzaak en mogelijkheden tot bijsturing

Het gemiddelde stikstofoverschot op de bodembalans is 49 kg per hectare hoger dan voorzien bij het ontwerp van het bedrijfssysteem. Daarvan blijkt ongeveer 40 kg te worden vastgelegd in organische stof. De verdamping van gewassen bleek ruim 50 mm minder dan aangenomen in het ontwerp (uitgegaan werd van een verdamping gelijk aan die van een gangbaar bedrijf) waardoor 8 kg N extra verloren mag gaan (79 kg overschot bij 300 mm neerslagoverschot geeft eenzelfde nitraatconcentratie als 87 kg bij 350 mm). Er zijn geen aanwijzingen dat de denitrificatie verkeerd was ingeschat. Het overschot moet dus met $49 - 8 = 41$ kg worden verlaagd. Ook is het van belang dat er maatregelen worden genomen die de effecten van ongunstige weersomstandigheden in kritieke perioden (met name in het voorjaar, kort na bemesting en inzaai) kunnen verkleinen. De pieken in nitraatconcentraties zullen dan minder hoog worden.

Het overschot in het bodemsysteem kan omlaag door de output te verhogen of de input te verlagen. Het midden van de negentiger jaren was relatief droog, zodat verondersteld mag worden dat de gemiddelde N-opbrengst van de gewassen iets zal stijgen. Om op zeker te spelen, is geen rekening gehouden met een mogelijk hogere N-opbrengst door betere weersomstandigheden in de toekomst. Volgens de meest gangbare opvatting worden de kansen op droge perioden in het groeiseizoen groter, als gevolg van klimaatverandering. Het verhogen van de output kan door meer gras te telen ten koste van maïs, of door zwaarder te bemesten. Vervangen van één ha maïs door gras leidt ertoe dat de aanvoer van kunstmest met 150 kg N toeneemt, omdat het bemestingsniveau van grasland 150 kg hoger ligt. De totale stikstofbehoefte van het bedrijf stijgt door die ingreep met dezelfde hoeveelheid en kunstmest-N is sluitpost. De aanvoer van N met voer van buiten het bedrijf moet dan met dezelfde hoeveelheid afnemen om het bedrijfsoverschot en indirect ook het bodemoverschot gelijk te houden. Dat is niet realistisch, zodat omzetten van maïsland in grasland geen optie is om het overschot te verlagen. Bovendien is het nadelig voor de energie- (kunstmestproductie) en waterdoelstelling (gras verbruikt veel meer water dan maïs) en neemt de ammoniakemissie bij mesttoediening toe (Hilhorst & Oenema, 2000). De gedachte dat bij meer grasland duidelijk meer N denitrificeert, en daardoor het N-overschot hoger mag zijn, berust op een misverstand: urineplekken in grasland verhogen de denitrificatie weliswaar enigszins maar het aantal urineplekken neemt niet toe door uitbreiding van het areaal grasland. Extra denitrificatie zou overigens ook leiden tot meer stikstofoxiden, waarvan de hoeveelheid juist moet afnemen om de daarvoor geldende norm te realiseren. De hogere MINAS-norm voor grasland is vooral het gevolg van het feit dat grasland in Nederland gemiddeld op nattere grond ligt, waardoor de denitrificatie hoger is. De hoogte van denitrificatieverliezen is vooral gerelateerd aan bodemeigenschappen in plaats van aan gewaseigenschappen. Ook verhogen van het bemestingsniveau, om daardoor een hogere N-opname te bewerkstelligen, vergroot het overschot per saldo, omdat de opname-efficiëntie van meststoffen altijd lager is dan 100% en daalt met een oplopend bemestingsniveau. Je verdient dus duidelijk minder extra dan je extra investeert.

De oplossing moet dus worden gevonden in het beperken van de inputs. Vooral inputs die gemiddeld slecht worden benut (dus weinig output opleveren) of waarvan de output sterk afhankelijk is van de toevallige weersomstandigheden (hoog risico op verlies) moeten worden beperkt. Weidemest, de excrementen van dieren tijdens beweiding, wordt door gras slecht benut door de slechte verdeling (urine- en mestplekken). Bovendien vindt excretie ook plaats als de opnamecapaciteit van gras laag is door trage groei als gevolg van kortere dagen en lage instralingniveaus (nazomer). De hoeveelheid weidemest kan worden beperkt door het beperken van de veestapel (aantal dieren), het beperken van de beweidingduur (uren per dag en lengte seizoen) en/of het beperken van N in het rantsoen. De gemiddelde benutting van de N uit weidemest kan worden verbeterd door vroeger in het najaar op te stallen (minder weidemest in de nazomer) en beweiding en maaien zo veel mogelijk af te wisselen (spreiden van beweiding). Een maaisnede na beweiding kan de stikstof uit urineplekken beter benutten dan een weidesnede (door de langere groeiperiode) en er is geen kans op een verse urineplek op een plek die tijdens de vorige beweidingronde ontstaan is.

De N uit drijfmest wordt weliswaar veel beter benut dan die uit weidemest, maar bij het huidige management slechter dan die uit kunstmest. De werking (in feite de efficiëntie waarmee stikstof uit de mest wordt opgenomen) kan worden verbeterd door een betere verdeling, het verkorten van de periode waarin drijfmest wordt uitgereden en lagere giften. In het algemeen is het voorlopig nog aantrekkelijk de hoeveelheid N in dierlijke mest zo veel mogelijk te beperken om daardoor meer ruimte te scheppen voor effectievere kunstmeststoffen. Minder N in de drijfmest kan worden bereikt door een kleinere veestapel of N-armere voeding. Minder drijfmest door meer beweiding werkt averechts: de benutting van stikstof uit weidemest is altijd slechter dan die uit drijfmest. De benutting van stikstof uit drijfmest en kunstmest kan mogelijk ook worden verbeterd door een aangepaste rassenkeuze voor zowel gras als maïs.

Er is een aantal momenten in het jaar dat het aannemelijk is dat er aanzienlijke hoeveelheden N door mineralisatie vrijkomen, zonder dat die door een gewas kunnen worden opgenomen. Veel neerslag kan dan fataal zijn. Het bedrijfssysteem rijdt dan als het ware door oranje licht: het neemt voor een korte periode grote risico's ten aanzien van de grondwaterkwaliteit. Herinzaaien van blijvend grasland (versterkte mineralisatie) moet tot een minimum worden beperkt, maar blijkt op lichte zandgrond niet helemaal te voorkomen (in systeem 'De Marke' blijkt herinzaaien ongeveer één keer per vijf jaar noodzakelijk). Als het beslist noodzakelijk is, moet herinzaai in het late voorjaar of in de nazomer plaats vinden. De grasmat kan zich dan nog voor de winter voldoende ontwikkelen om de extra gemineraliseerde stikstof op te nemen voor een neerslagoverschot voor uitspoeling zorgt. Bemesting van het jonge grasgewas moet worden uitgesteld tot de grasmat goed ontwikkeld is en tekenen van stikstofgebrek vertoont.

Een ander gevaarlijk moment is de wisseling van bouwland naar grasland. Bij inzaai van gras direct na de oogst van de maïs is het jonge gras door het late tijdstip onvoldoende in staat de N die door mineralisatie in herfst en winter vrij komt op te nemen (lichtgebrek beperkt groei). De voor de hand liggende oplossing is: altijd Italiaans raaigras als vanggewas na maïs en inzaai van het grasland uitstellen tot het voorjaar. In de herfst van 1999 is bij wijze van experiment het laatste jaar maïs in de rotatie vervangen door triticale. Inzaai van grasland kan dan in de herfst of voorjaar plaatsvinden (onder de dekvrucht triticale) of na de oogst in de nazomer.

Andere risicovolle momenten zijn de eerste weken na inzaai van gras of maïs, omdat regenachtig weer dan tot uitspoeling van meststoffen en gemineraliseerde N kan leiden (zoals in 1998). De 'braakperioden' moeten om die reden zo kort mogelijk worden gehouden, door in het voorjaar relatief laat te zaaien zodat de begingroei versneld wordt.

5.5 Aanpassingen bedrijfsvoering 'De Marke'

Welke maatregelen kunnen concreet worden genomen om het N-overschot van de bodem van 'De Marke' met 41 kg ha⁻¹ te verlagen, om zodoende de gewenste milieukwaliteit te garanderen? In Tabel 5.4 wordt een aantal voor de hand liggende maatregelen genoemd met daarbij indicatieve intensiteiten. Deze tabel is bedoeld als aanzet voor een discussie over de meest gewenste bijstelling van het systeem en illustreert de denkklijn. Andere maatregelen of intensiteiten zijn mogelijk. Met name de interacties tussen maatregelen moeten in beschouwing worden genomen om te komen tot een gedegen totaalpakket met voldoende realiteitswaarde. De effecten van maatregelen zijn gekwantificeerd op basis van kennis van het functioneren van het bedrijfssysteem, opgedaan sinds 1992, en ondermeer in dit rapport beschreven.

Er worden nu 12 (25%) meer jonge dieren aangehouden dan in het ontwerp voorzien, terwijl er geen overtuigende argumenten zijn voor de noodzaak daarvan. Door het beperken van het aantal jonge dieren kan de aanvoer van N met voer omlaag. Het grootbrengen van een kalf (tot 2 jaar) vergt op 'De Marke' 120 kg N, waarvan minder dan 10% wordt vastgelegd in het dier. Een beperking van de

jongveestapel met 15%, vermindert het aantal stuks jongvee met 0,15 ha⁻¹ en de jaarlijkse consumptie van N met 9 kg ha⁻¹ tot 304 kg. Scherper voeren, zodat de N-consumptie 5% (gemiddeld over de hele veestapel, na beperking jongvee) lager wordt, moet mogelijk zijn en beperkt de voederbehoefte tot 288 kg N ha⁻¹ (N conversie voer > melk/vlees stijgt van 23,3% naar 24,6%) De combinatie van minder jongvee en scherper voeren levert een winst op van 25 kg N ha⁻¹. Na aftrek van ammoniakverlies (gemiddeld 8,3%) resteert een winst op bodemniveau van 23 kg. Het overschot van N is dan nog 18 kg te hoog. Er zal dus ook gekeken moeten worden naar mogelijkheden om de aanvoer van kunstmest-N te verlagen van 69 kg N ha⁻¹ tot 51 kg.

Tabel 5.4. Mogelijke maatregelen om het N-overschot van 'De Marke' te verlagen tot het noodzakelijke niveau (Aarts, 2000).

Maatregel	Beoogd effect
Realiseerbaar op korte termijn:	
- beperken aantal stuks jongvee (-15%)	Minder voer nodig
- verlagen gehalten in rantsoen (- 5%)	Minder aanvoer met aangekocht voer
- verder beperken beweiding (- 25%)	Vergroten hergebruik mest
- later starten met bemesten (2 weken)	Betere werking mest
- beperken bemesting (-25 kg N ha ⁻¹)	Minder mesttoevoer bodem
Indien niet afdoende:	
- beperken melkproductie per ha (-50 kg melk per kg te verlagen N-overschot)	Minder voer nodig
Strijdig met doelen project:	
- afvoer mest	Afvoer N
- afstoten opfok jongvee	Minder voer nodig

Beperking van de N-aanvoer met aangekocht voer (als gevolg van de maatregelen 'minder jongvee aanhouden' en 'het gehalte aan N in het rantsoen beperken') vermindert de hoeveelheid N in dierlijke mest op bodemniveau met 23 kg (van 225 kg N ha⁻¹ tot 202 kg). Als we de kunstmestaanvoer willen beperken zonder risico te lopen op lagere gewasopbrengsten, met als consequentie meer aanvoer van N met voer en verlies van de 'winst' aan dierlijke mest, zal de geringere hoeveelheid dierlijke mest een hogere bemestende waarde moeten hebben. Mest die tijdens beweiding wordt uitgescheiden, 22% van de totale uitscheiding, heeft nauwelijks bemestende waarde. Omdat op het bedrijf 25 kg N ha⁻¹ minder in mest wordt geproduceerd zal de uitscheiding tijdens beweiding met 5,5 kg N ha⁻¹ afnemen, netto (na aftrek ammoniakvervluchtiging) met 5,0 kg tot 43 kg. Door de beweidingduur met 25% te beperken zal de uitscheiding tijdens beweiding verder afnemen met 11 kg N ha⁻¹ tot 32 kg. In de 'stalmest' komt hierdoor netto 11 kg N meer beschikbaar, maar omdat de N-consumptie werd beperkt (door minder jongvee en striktere voeding) is de totale voor bemesting beschikbare hoeveelheid met 170 kg N ha⁻¹ nog steeds 7 kg (4%) lager dan voor de aanpassingen van jongveestapel, voeding en beweiding.

Om de daling van het overschot op de bodembalans te realiseren zullen de gewassen dezelfde N-opbrengst moeten realiseren bij een 25 kg N lagere bemesting. De benutting van N uit drijfmest kan mogelijk worden verbeterd door in het voorjaar wat later te bemesten (op grasland in de tweede helft van maart in plaats van begin maart). De betere werking van N uit dierlijke mest en de toegenomen netto mineralisatie in de bodem, als gevolg van de toegenomen voorraad organisch-N, maken het wellicht mogelijk het opbrengstniveau van de gewassen te handhaven bij drijf- en kunstmestgiften die

respectievelijk 7 en 18 kg N ha⁻¹ lager zijn dan gemiddeld in de periode 1993-1998. Met name het bemestingsniveau van blijvend grasland kan omlaag, op grond van de in de loop der jaren versterkte mineralisatie (Corré, 2000). De hamvraag blijft in hoeverre de stikstoflevering uit mineralisatie als een betrouwbare, efficiënte ‘meststof’ in de toekomst te hanteren zal zijn.

Andere effectieve maatregelen, die echter in verband met de doelstellingen van ‘De Marke’ buiten beschouwing moeten blijven, zijn de afvoer van mest en het volledig afstoten van de opfok van jongvee. Afvoer van mest zou betekenen dat stikstof in kunstmest moet worden aangekocht, maar in geringere hoeveelheden, omdat de efficiëntie van opname van N uit kunstmest hoger is dan van die uit dierlijke mest. Als we af zouden stappen van de verplichting *geen* mest af te voeren, maar enkel door mestafvoer het overschot met de noodzakelijke 41 kg willen verlagen, kan er maximaal 143 kg N ha⁻¹ uit dierlijke mest (inclusief weidemest) worden geplaatst (dat was 225 kg N, ongeveer 82 kg afvoeren als drijfmest, maar de kunstmestaankoop zal daardoor met ongeveer 41 kg stijgen, als we het bemestingsniveau handhaven; de winst is dan 41 kg). Ruim 40% van de drijfmest wordt dan afgevoerd en de toediening van stikstof in dierlijke mest daalt dan tot ruim onder het door de EC voorgestelde niveau van maximaal 170 kg ha⁻¹.

Uit deze berekeningen mag blijken dat het realiseren van de noodzakelijk geachte beperking van het N-overschot niet eenvoudig is. Als het niet mogelijk blijkt een pakket maatregelen samen te stellen dat voldoende effectief is, moet geconcludeerd worden dat de nagestreefde melkproductie per ha te hoog is. Een lagere melkproductie verlaagt de aanvoer van N met aangekocht voer meer dan de afvoer in melk en dieren. Uitgaande van het huidige functioneren van het systeem, zou de productie moeten afnemen met ongeveer 50 kg melk per kg nog te verlagen N-overschot (Aarts *et al.*, 2000c). Als geen maatregelen worden genomen, of als de voorgestelde maatregelen niet het gewenste effect hebben, zal de melkproductie met 2.050 kg (41*50) moeten dalen van 11.890 naar 9.840 kg ha⁻¹ om de noodzakelijke afname van het N-overschot alsnog te realiseren.

5.6 Onderzoek

Onderzoek zou zich allereerst en met spoed moeten richten op het uitwerken van pakketten van in de praktijk snel haalbaar geachte maatregelen die naar verwachting leiden tot een afname van het overschot op bodemniveau van 41 kg N ha⁻¹. Bij het ontwerpen van deze pakketten zal de bedrijfscyclus vee > mest > gewas > voer systematisch moeten worden doorlopen. Elk pakket maatregelen moet transparant, kwantitatief en beargumenteerd beschreven worden, om een verantwoorde keuze mogelijk te maken en er moet een monitoring-programma komen dat de veranderingen in het overschot snel inzichtelijk kan maken, om adequaat te kunnen reageren wanneer het overschot niet volgens de veronderstellingen afneemt. Er moet een protocol worden opgesteld waarin wordt aangegeven hoe te handelen als de afname niet tijdig of onvoldoende gerealiseerd wordt.

De benutting van gemineraliseerde N speelt een cruciale rol in het systeem. Daar moet met het beheer meer op worden ingespeeld, zodat de effectiviteit als ‘meststof’ kan toenemen, waardoor de behoefte aan kunstmest-N afneemt. Met name de betekenis van gemineraliseerde stikstof bij het berekenen van de kunstmeststofbehoefte en in de startfase van gewassen zal opnieuw in kaart moeten worden gebracht.

De werking van stikstof uit dierlijke mest kan mogelijk verbeterd worden door mestbehandeling. Omdat deze stikstof de belangrijkste post is in de totale stikstofvoorziening, kan een kleine verbetering van de werking van deze stikstof al tot een sterke afname van de benodigde hoeveelheid kunstmest leiden.

Duidelijk is dat de kennis van het gedrag van N in bedrijfssysteem 'De Marke' sterk is verbeterd maar dat het beeld verdere verfijning behoeft. Met name meer definitieve uitspraken over de mogelijkheden om de nitraatdoelstelling blijvend te realiseren vergen een langere looptijd van het onderzoek (evenwicht bodem) en meer investeringen in analyses van bedrijfsgegevens en aanvullend experimenteel onderzoek.

